

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin
der Freien Universität Berlin
Leiter: o. Prof. Dr. med. G. Schäcke

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE LUNGENFUNKTION
VON GLASMACHERN***

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Holger Schilling
aus Berlin

1903

Gefördert durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie,
Forschungsvorhaben-Nr. 01 VC 298-ZA-TAP-004





Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin
der Freien Universität Berlin
(Leiter: o.Prof. Dr. med. G. Schäcke)

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE LUNGENFUNKTION VON
GLÄSMACHERN*

INAUGURAL - DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Holger Schilling
aus Berlin

* Gefördert durch das Bundesministerium für
Forschung und Technologie, Forschungsvor-
haben-Nr. 01 VC 298-ZA-TAP-004

Referent: o.Prof.Dr.med.G. S c h ä c k e

Korreferent: Prof. Dr.med. H. H u c k a u f

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 07.10.1983

Meinem verstorbenen Vater gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.0	Einleitung.....	6
2.0	Untersuchungsgut.....	9
2.1	Grundkollektiv und Arbeitsplatz- beschreibung.....	9
2.1.1	Grundkollektiv.....	9
2.1.2	Arbeitsplatzbeschreibung.....	9
2.2	Teilkollektive.....	10
3.0	Methodik.....	14
3.1	Untersuchungsumfang.....	14
3.2	Doppelbestimmung des Residualvolu- mens.....	15
3.2.1	Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung.....	15
3.2.2	Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung....	15
4.0	Statistische Bearbeitung.....	18
5.0	Ergebnisse.....	19
5.1	Vitalkapazität.....	19
5.2	Atemstoßwert.....	21
5.3	Atemgrenzwert.....	23
5.4	Funktionelle Residualkapazität....	25
5.5	Expiratorisches Reservevolumen...	26
5.6	Totalkapazität.....	27
5.7	Residualvolumen.....	27
5.8	Oszillatorische Resistance.....	33
5.9	Resistance-Volumen-Winkel (α)....	35
6.0	Diskussion.....	38
7.0	Zusammenfassung.....	56
8.0	Literatur.....	58
9.0	Lebenslauf.....	65

1.0 E i n l e i t u n g

Hohlglas ist seit etwa 3000 Jahren bekannt. Zunächst wurde die zähe Glasmasse um einen Sandkern modelliert, der nach Erstarren des Glases entfernt wurde [9].

Durch das Erreichen höherer Temperaturen und den Zusatz von Flußmitteln gelang es um die Zeitwende, die Viskosität des Glases stärker herabzusetzen und diesen Werkstoff mit Hilfe der Glasbläserpfeife zu formen.

Ausgehend von Venedig breitete sich die Glasverarbeitung im Mittelalter in Europa aus. Im deutschen Raum beschäftigten die Waldglashütten des 15. und 16. Jahrhunderts bereits bis zu jeweils 100 Glasbläser [27, 53] (Abb.1).



Abb.1: Glasbläser um 1500

Trotz der technischen Entwicklung in der Glasindustrie hat sich die Tätigkeit der Glasmacher in den Glashütten, die an ihren Standorten die wesentliche Erwerbsquelle für die Bevölkerung darstellen, kaum verändert. Wie vor Jahrhunderten bläst der Glasbläser Luft in die flüssige Glasmasse am Ende seiner Glasbläserpfeife (Abb.2).



Abb.2: Glasbläser in heutiger Zeit.

Es handelt sich um einen Kölbelmacher, der die erste Luft in den Glastropfen am Ende der Glasbläserpfeife bläst.

Dabei werden Blasdrücke zwischen 25 mm Hg und 160 mm Hg erzeugt, die den Glastropfen zum Hohlglas auftreiben [41, 52] . Diese Tätigkeit setzt eine intakte Lungenfunktion voraus.



Obgleich die Glasbläserkunst auf eine lange Tradition zurückblickt, wurden systematische arbeitsmedizinische Untersuchungen in diesem Berufszweig bisher nicht durchgeführt.

Aufgrund der Hitzebelastung mit einer Wärmestrahlung bis zu 430 W/m^2 * sowie infolge der Beanspruchung des Atemtraktes gehören die Glasmacher zu dem Personenkreis, für den nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Hitzearbeiten" eine obstruktive Atemwegserkrankung als eignungseinschränkendes Kriterium angeführt wird [13].

Es erschien daher notwendig, statische wie dynamische Lungenfunktionsparameter sowie die Frage nach obstruktiven Atemwegserkrankungen zu untersuchen.

* Die Klimamessungen wurden von Herrn Dipl.-Ing.Böhm, Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie, Würzburg, vorgenommen.

2.0 U n t e r s u c h u n g s g u t

2.1 Grundkollektiv und Arbeitsplatzbeschreibung

2.1.1 Grundkollektiv

Es wurden 90 Glasmacher einer bayerischen Glashütte im Alter von 19 bis 55 Jahren untersucht.

Für die statistische Auswertung wurde das Gesamtkollektiv um vier Personen bereinigt, die ihre berufliche Tätigkeit als Glasmacher unterbrochen hatten ($n = 3$) oder noch nicht vollschichtig als Glasbläser eingesetzt waren ($n = 1$).

2.1.2 Arbeitsplatzbeschreibung

Die Glasmacher arbeiten auf einer Bühne rund um den Glasmelzofen in Arbeitsgruppen.

Jede Arbeitsgruppe setzt sich aus zwei Kölbelmachern, einem Einbläser und einem Meister zusammen.

Der Kölbelmacher entnimmt dem Ofen mit der Glasbläserpfeife eine kleine Portion Glas und bläst sie mit mehreren kurzen Atemstößen, bei denen Blasdrücke von 50-90 mm Hg erreicht werden, zum Glaskolben auf [41, 52].

Der Einbläser übernimmt diese Rohform und stellt durch anhaltendes Blasen mit Blasdrücken zwischen 25 und 160 mm Hg sowie durch Drehen und Schwenken in Holzformen die endgültige Form des Hohlglases her [41, 52].

Das fertige Hohlglas wird an den Meister weitergegeben, der den Kelchglasstiel ansetzt und Feinheiten korrigiert. Seine Geschicklichkeit beim Ansetzen des Glasstiels entscheidet über Erfolg oder Mißerfolg der Arbeitsgruppe hinsichtlich der Fertigstellung des Kelchglases.

Bezüglich ihrer Berufstätigkeit können daher nur Kölbelmacher und Einbläser als aktive Glasbläser bezeichnet werden, während die erfahrenen Glasmachermeister nach ihrer Kölbelmacher- und Einbläserzeit Ex-Glasbläser sind.

2.2 Teilkollektive

Der Bildung von Teilkollektiven wurden zwei Kriterien zugrundegelegt.

1. Die Tätigkeit als Glasbläser bzw. als Ex-Glasbläser.
2. Das Berufsalter als Glasbläser bzw. als Ex-Glasbläser.

Danach konnten die verbleibenden 86 Glasmacher in vier Gruppen eingeteilt werden:

1. Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren Glas bliesen.
2. Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren Glas bliesen.
3. Ex-Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren nicht mehr Glas bliesen.
4. Ex-Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren nicht mehr Glas bliesen.

Die biometrischen Daten dieser vier Glasmachergruppen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der biometrischen Daten der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	Alter (J)	Länge(cm)	Gewicht(kg)
Glasbläser < 10	34	23 $\pm$ 2	175 $\pm$ 6	73 $\pm$ 11
Glasbläser $\geq$ 10	33	37 $\pm$ 8	173 $\pm$ 6	77 $\pm$ 11
Ex-Glasbläser < 10	11	38 $\pm$ 6	175 $\pm$ 6	79 $\pm$ 12
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	48 $\pm$ 6	169 $\pm$ 6	75 $\pm$ 6

Tabelle 2 beschreibt das Berufsalter. Für die Ex-Glasbläser setzte sich das Gesamtberufsalter als Glasmacher aus ihrer Glasbläser- und Ex-Glasbläserzeit zusammen.

Tab.2: Mittelwerte und Standardabweichungen des Berufsalters als Glasbläser bzw. Ex-Glasbläser der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	Berufsalter (J) als	
		Glasbläser	Ex-Glasbläser
Glasbläser < 10	34	4 $\pm$ 2	entfällt
Glasbläser $\geq$ 10	33	19 $\pm$ 6	entfällt
Ex-Glasbläser < 10	11	15 $\pm$ 6	5 $\pm$ 2
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	10 $\pm$ 5	18 $\pm$ 6

Zu der Gruppe der Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren Glas bliesen, zählten 34 Probanden. Sie waren zwischen 19 und 28 Jahre alt und wogen bei einer Körperlänge von 175 ± 6 cm 73 ± 11 kg. Als Glasbläser arbeiteten sie durchschnittlich vier Jahre.

Die Gruppe der Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren Glas bliesen, umfaßte 33 Personen. Ihr Alter lag zwischen 26 und 55 Jahren, im Mittel waren sie 14 Jahre älter als die Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren. Ihr Körpergewicht betrug 77 ± 11 kg bei einer Körperlänge von 173 ± 5 cm. In ihrem Beruf waren sie seit 19 ± 6 Jahren tätig.

Die elf Ex-Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren nicht mehr Glas bliesen, waren zwischen 24 und 45 Jahre alt. Durchschnittlich waren sie mit 38 Jahren nur ein Jahr älter als die 33 Glasbläser mit mindestens zehn Berufsjahren. Gegenüber diesen Glasbläsern wogen sie durchschnittlich 2 kg mehr und waren mit 175 ± 6 cm im Mittel 2 cm länger. Nach 15 ± 6 Jahren als aktive Glasbläser bliesen sie seit 5 ± 2 Jahren kein Glas mehr.

Das Alter der acht Ex-Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren nicht mehr Glas bliesen, bewegte sich zwischen 44 und 53 Jahren. Sie waren durchschnittlich zehn Jahre älter als die jüngeren Ex-Glasbläser. Ihr Gewicht betrug 75 ± 6 kg bei einer Körperlänge von 169 ± 6 cm. Nachdem sie 10 ± 5 Jahre als Glasbläser gearbeitet hatten, waren sie seit 18 ± 6 Jahren Ex-Glasbläser.

Aus der Differenz zwischen Lebensalter und der Beschäftigungszeit als Glasmacher ergab sich in der Regel ein Berufseintrittsalter von unter 20 Jahren. Unter Berücksichtigung der Lehrzeit und des zum Teil absolvierten Bundeswehrdienstes hatten die meisten Probanden den Glasmacherberuf sofort nach Schulabschluß ergriffen. Einflüsse aus anderer beruflicher Tätigkeit auf die

Lungenfunktion sind daher unwahrscheinlich.

Die Rauchgewohnheiten der Glasmacher sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tab.3: Anzahl der rauchenden Glasmacher nach unterschiedlichen Rauchgewohnheiten

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter(J)	n	Zigaretten/Tag		
		< 10	11 - 20	> 20
Glasbläser < 10	34	4	9	7
Glasbläser $\geq$ 10	33	10	6	3
Ex-Glasbläser < 10	11	2	2	2
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	1	4	0

50 (58%) der 86 Glasmacher rauchten. Der prozentuale Anteil der Raucher in den einzelnen Glasmachergruppen entsprach etwa dem des bereinigten Grundkollektivs.

So waren 20 (59%) der 34 Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren und 19 (58%) der 33 Glasbläser, die seit zehn Jahren und länger Glas blieben, Raucher. 6 (55%) der elf Ex-Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren und fünf (62%) der acht Ex-Glasbläser mit zehn und mehr Berufsjahren rauchten.

Mehr als 20 Zigaretten/Tag rauchten nur zwölf Glasmacher. 38 Glasmacher rauchten bis zu 20 Zigaretten/Tag, 21 von ihnen 11 bis 20 Zigaretten/Tag und 17 bis zu 10 Zigaretten/Tag.

3.0 M e t h o d i k

3.1 Untersuchungsumfang

Folgende Lungenfunktionsparameter wurden bestimmt:

1. Inspiratorische Vitalkapazität (l)
2. Atemstoßwert (l/s)
3. Atemgrenzwert (l/min)
4. Funktionelle Residualkapazität (l)
5. Expiratorisches Reservevolumen (l)
6. Totalkapazität (l)
7. Residualkapazität (l)
8. Oszillatorischer Atemwegswiderstand ($\text{mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$)
9. Resistance-Volumen-Winkel (α)

Die Lungenfunktionsprüfungen wurden an einer elektronischen Spirometrie-einrichtung (FD 5/FD 10, Fa.Siemens AG) vorgenommen und die Meßwerte auf BTPS-Verhältnisse umgerechnet [50].

Der Bewertung der spirometrischen Befunde wurden die Normalwerte der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) für die Vitalkapazität, den Atemstoßwert, den Atemgrenzwert, das Residualvolumen sowie für den prozentualen Anteil des Atemstoßwertes an der Vitalkapazität bzw. des Residualvolumens an der Totalkapazität zugrunde gelegt [20]. Diese Normalwerte haben in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft breite Anwendung gefunden und werden von der Berufsgenossenschaft für Vorsorgeuntersuchungen bei pneumokoniosegefährdeten Arbeitnehmern vorge-schrieben [45]. Außerdem wurden die Referenzwerte der oszillatorischen Resistance nach SMIDT herangezogen [34].

3.2 Doppelbestimmung des Residualvolumens

Das Residualvolumen wurde nach der Helium-Einwaschmethode durch zwei Meßverfahren der Heliumkonzentration bestimmt.

Bei der Helium-Einwaschmethode wird die Konzentration des Indikatorgases Helium im geschlossenen System vor und nach Einwaschung des Edelgases in den Atemtrakt des Probanden bestimmt. Aus der Verdünnung des Heliums berechnet sich bei bekanntem Spirometervolumen die funktionelle Residualkapazität, wenn die Messung beim Erreichen der Atemruhelage begonnen wurde. Nach Abzug des expiratorischen Reservevolumens ergibt sich das Residualvolumen [46].

3.2.1 Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung

Die Messung der Heliumkonzentration erfolgte zunächst herkömmlich durch ein Kathapherometer in einer Wheatstone'schen Brückenschaltung (Respigraph 701/Revomat Typ 855, Fa.Meditron GmbH) [11]. Dabei liegen jeweils zwei Meßwiderstände im Helium-Luftgemisch, während sich zwei andere in Vergleichsluft befinden. Elektrischer Strom erwärmt diese vier Meßwiderstände. Entsprechend der variierenden Wärmeleitfähigkeit der Helium-Luftmischung während des Einwaschvorgangs wird Wärme von den betreffenden Meßwiderständen abgeführt, die daraufhin ihren Widerstandswert ändern. Die Wheatstone'sche Brücke gerät aus dem Gleichgewicht. An geeigneten Punkten tritt eine Meßspannung auf, die der Konzentrationsabnahme des Heliums proportional ist. Die nach der herkömmlichen Methode gewonnenen Meßwerte wurden für die Begutachtung des Residualvolumens der Glasmacher berücksichtigt.

3.2.2 Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung

In einer zweiten Messung wurde die funktionelle Residualkapazität nicht über die Änderung der Wärmeleitfähigkeit, sondern über die Änderung der Dichte eines Helium-Sauerstoffgemisches (80% He, 20% O₂) während der Einwaschphase ermittelt (Zusatzteil zum FD 5, Fa.Siemens AG). Eine Oszillationspumpe mit einer Frequenz von 10 Hz erzeugt eine Oszillationsströmung $\dot{V}$ von 44 ml/s, mit der das Testgas über eine Ringblende geleitet wird. Es wird der Druckabfall Δp an

der Ringblende bestimmt, der bei konstanter Strömung $\dot{V}$ der Dichte ϱ proportional ist:

$$\Delta p = \varrho \cdot \dot{V} \cdot \text{konst.}$$

Da sich die Dichte eines Gasgemisches im Gegensatz zur Wärmeleitfähigkeit durch anteilige Addition der Einzeldichten ihrer Komponenten berechnet, besteht für dieses Meßverfahren der Heliumkonzentration eine physikalische Beziehung [22].

Mit diesem Meßteil erweitert sich der Anwendungsbereich der Oszillationspumpe von der Messung des oszillatorischen Atemwiderstandes auf die Residualvolumenbestimmung.

Der technische Aufbau dieser ergänzenden Einrichtung soll kurz skizziert werden:

An einem Dreivegehahn befinden sich ein Lamellenspirozeptor, das eigentliche Funktionsteil, bestehend aus einer Ringblende und einem Atembeutel, und ein Atemschlauch zum Anschluß an den Atemtrakt des Probanden. Je nach Stellung des Dreivegehahns atmet der Proband durch den Lamellenspirozeptor oder über die Ringblende aus dem Atembeutel. Vor Beginn einer Messung füllt man den Atembeutel mit vier Liter des Helium-Sauerstoffgemisches. Anschließend werden Atembeutel und Ringblende mit der Oszillationspumpe verbunden, die das Testgas in eine konstant oszillierende Strömung versetzt. Ein Mikrofon registriert den Druckabfall über der Ringblende, der der Heliumkonzentration proportional ist.

Der Ablauf der Messung der funktionellen Residualkapazität stellt sich wie folgt dar:

Zunächst atmet der Proband über den Lamellenspirozeptor ruhig ein und aus. Nach Festlegung der Atemruhelage bestimmt man mittels eines Vitalkapazitätsmanövers das expiratorische Reservevolumen. Nach einer normalen Expiration wird der Dreivegehahn umgeschaltet, so daß der Proband nun das Gasgemisch des Atembeckens zügig rückatmen kann.

Über eine Dichteschreibung wird der Einwaschvorgang des Testgases in den Atemtrakt verfolgt. Er ist beendet, wenn das Dichtesignal konstant bleibt. Nach Trennung des Atembeutels von der Ringblende mißt man als Vergleichswert die Dichte der Umgebungsluft.

Aus der Dichtedifferenz a der Dichten vor und nach Einwaschung des Testgases, der Differenz b der Dichten nach Einwaschung des Testgases und der Umgebungsluft sowie dem Atembeutelvolumen V_1 berechnet sich die funktionelle Residualkapazität FRC nach der Gleichung $FRC = V_1 \cdot a/b$, wobei vom Ergebnis noch der Totraum des Atemschlauchs und Dreiwegehahns abgezogen werden muß [22].

Abbildung 3 faßt den Meßvorgang zusammen.

Bei den Meßwerten dieses Verfahrens wurde von BTPS-Verhältnissen ausgegangen.

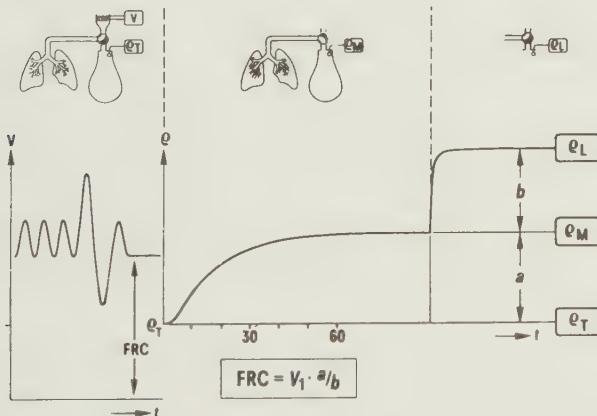


Abb.3: Funktionsschema zur Bestimmung der funktionellen Residualkapazität FRC mittels oszillatorischer Dichtemessung [22].

(e_T : Dichte des Testgases, e_M : Dichte nach Einwaschung des Testgases, e_L : Dichte der Umgebungsluft)

4.0 S t a t i s t i s c h e B e a r b e i t u n g

Es wurden Mittelwerte, Standardabweichungen, Korrelationskoeffizienten und eine Regressionsgerade berechnet.

Zur Anwendung kam der t-Test für den Vergleich zweier Mittelwerte unverbundener Stichproben sowie der t-Test für paarweise angeordnete Meßwerte. Der erstgenannte Test setzt Homogenität der Varianzen und normalverteilte Grundgesamtheiten, der letztgenannte unabhängige angenähert normalverteilte Differenzen voraus.

Die Varianzhomogenität wurde mit dem F-Test, die Normalverteilung mit dem R's-Quotienten nach DAVID geprüft. Fehlten diese Voraussetzungen, dann wurde der Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben bzw. für Paardifferenzen durchgeführt. Das Signifikanzniveau lag bei 5% [17, 37].

5.0 E r g e b n i s s e

5.1 Vitalkapazität

Die inspiratorische Vitalkapazität ist das Lungenvolumen, das nach tiefster Expiration maximal inspiriert werden kann.

Im Durchschnitt lag die inspiratorische Vitalkapazität der vier Glasmachergruppen im Normbereich (Abb.4).

	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥10 J.	<10 J.	≥10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

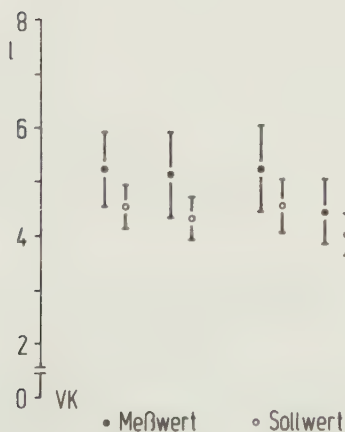


Abb.4: Mittelwert und Standardabweichung der inspiratorischen Vitalkapazität der vier Glasmachergruppen

Bei den Glasbläsern mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren streuten die Meßwerte zwischen 4,0 l und 7,5 l und ergaben eine mittlere Vitalkapazität von $5,2 \pm 0,7$ l. Vier Glasbläser wiesen eine gegenüber den Normalwerten zu niedrige Vitalkapazität auf, ein Proband erreichte lediglich 80% des Sollwerts.

Die Vitalkapazität der Glasbläser mit zehn und mehr Berufsjahren betrug im Mittel $5,1 \pm 0,8$ l. Der kleinste Meßwert wurde mit 3,2 l, der größte mit 7,2 l bestimmt. Fünf Glasbläser besaßen eine Vitalkapazität, die bis zu 15% unter dem Normalwert lag.

Bei den Ex-Glasbläsern, die seit weniger als zehn Jahren kein Glas mehr bliesen, wurde eine durchschnittliche Vitalkapazität von $5,2 \pm 0,8$ l gemessen. Die individuellen Meßwerte lagen zwischen 4,2 l und 6,9 l. Ein Ex-Glasbläser dieser Gruppe wies eine gegenüber dem Referenzwert um 2% herabgesetzte Vitalkapazität auf.

Die Vitalkapazität der Ex-Glasbläser mit mindestens zehn Berufsjahren betrug im Mittel $4,4 \pm 0,6$ l und lag damit deutlich unter den Werten der anderen drei Glasmachergruppen. Die Minimal- und Maximalwerte waren 3,2 l und 5,2 l. Zwei Ex-Glasbläser unterschritten den Normalwert um bis zu 5%.

Die Differenzen der Mittelwerte zwischen den beiden Glasbläsergruppen sowie zwischen den Glasbläsern mit mindestens zehn Berufsjahren und den Ex-Glasbläsern mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren ließen sich statistisch nicht sichern, dagegen war der Unterschied der mittleren Vitalkapazität zwischen beiden Ex-Glasbläsergruppen knapp signifikant.

5.2 Atemstoßwert

Der Atemstoßwert gibt das Luftvolumen an, das nach maximaler Inspiration forciert in der ersten Sekunde ausgeatmet werden kann.

Die mittleren Atemstoßwerte der vier Glasmachergruppen übertrafen die Sollwerte (Abb.5).

	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥ 10 J.	<10 J.	≥ 10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

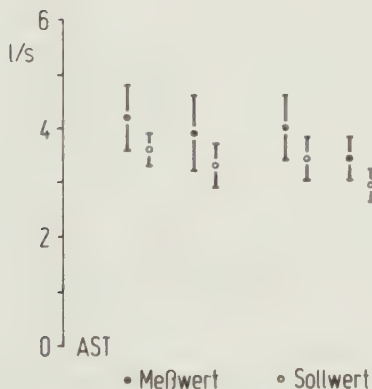


Abb.5: Mittelwert und Standardabweichung des Atemstoßwertes der vier Glasmachergruppen

In Tabelle 4 sind die mittleren Tiffeneau-Werte der vier Glasmachergruppen zusammengefaßt.

Tab.4: Atemstoßwert in Prozent der Vitalkapazität (AST (%VK)) der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	AST (%VK)		
		$\bar{x} \pm s$	Min	Max
Glasbläser < 10	34	81 ± 9	60	98
Glasbläser $\geq$ 10	33	77 ± 8	54	91
Ex-Glasbläser < 10	11	78 ± 4	70	83
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	79 ± 5	69	85

Der mittlere Atemstoßwert der Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren betrug $4,2 \pm 0,6$ l/s, der kleinste und größte jeweils 3,2 l/s und 5,5 l/s. Bei drei Probanden war er um bis zu 10% gegenüber den Sollwerten herabgesetzt.

Der durchschnittliche Tiffeneau-Wert erreichte $81 \pm 9\%$ (Normal: $70 \pm 0\%$), der geringste Wert lag bei 60%, der höchste bei 98%. Bei drei Glasbläsern lag er um bis zu 15% unter dem Normalwert. Zwei dieser Glasbläser wiesen dabei einen Atemstoßwert im Normbereich auf.

Glasbläser mit mindestens zehn Berufsjahren erzielten im Mittel einen Atemstoßwert von $3,9 \pm 0,7$ l/s. Die Meßwerte lagen zwischen 2,0 l/s und 5,6 l/s. Drei Glasbläser unterschritten ihren Sollwert, wobei einer nur 66% des Referenzwertes erreichte.

Der niedrigste Tiffeneau-Wert wurde mit 54%, der höchste mit 91% berechnet. Im Mittel lag er bei $77 \pm 8\%$ (Normal: $67 \pm 2\%$). Gegenüber dem Referenzwert war er bei drei Glasbläsern um bis zu 19% erniedrigt. Einer dieser Glasbläser besaß einen normalen Atemstoßwert.

Der durchschnittliche Atemstoßwert der Ex-Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren ergab $4,0 \pm 0,6$ l/s, der Minimal- und Maximalwert lag bei 3,3 l/s und 5,3 l/s. Der Atemstoßwert eines Ex-Glasblägers unterschritt den Normalwert um 10%.

Der Tiffeneau-Wert betrug durchschnittlich $78 \pm 4\%$ (Normal: $67 \pm 1\%$), der niedrigste belief sich auf 70%, der höchste auf 83%. Die einzelnen Meßwerte befanden sich im Normbereich.

Die Ex-Glasbläser, die seit zehn Jahren und länger kein Glas mehr bliesen, erzielten einen mittleren Atemstoßwert von $3,4 \pm 0,4$ l/s. Die individuellen Meßwerte lagen zwischen 2,7 l/s und 4,1 l/s und jeweils oberhalb ihrer Sollwerte. Der prozentuale Anteil des Atemstoßwertes an der Vitalkapazität betrug im Mittel $79 \pm 5\%$ (Normal: $65 \pm 1\%$) mit einem unteren Grenzwert von 69% und einem oberen von 85%. Alle Tiffeneau-Werte lagen oberhalb der Sollwerte.

Während sich die Differenz der mittleren Atemstoßwerte zwischen den Ex-Glasbläsergruppen sichern ließ, waren die Mittelwertunterschiede zwischen den Glasbläsergruppen sowie zwischen den älteren Glasbläsern und jüngeren Ex-Glasbläsern nicht signifikant.

5.3 Atemgrenzwert

Der Atemgrenzwert stellt das maximal willkürlich ventilierbare Luftvolumen in einer Minute dar. Er wurde über 10 s bei einer Atemfrequenz von 30/min gemessen und auf eine Minute extrapoliert.

Die durchschnittlichen Atemgrenzwerte der vier Glasmachergruppen übertrafen die mittleren Referenzwerte (Abb.6).

Die Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren wiesen einen durchschnittlichen Atemgrenzwert von 113 ± 19 l/min auf. Der kleinste Wert betrug 81 l/min, der größte 152 l/min.

	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥10 J.	<10 J.	≥10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

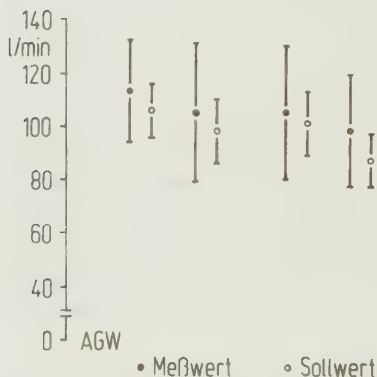


Abb. 6: Mittelwert und Standardabweichungen des Atemgrenzwerts der vier Glasmachergruppen

14 Glasbläser erreichten lediglich einen Atemgrenzwert, der im Mittel um 14% unter dem berechneten Sollwert lag.

Glasbläser mit zehn und mehr Berufsjahren erreichten einen mittleren Atemgrenzwert von 105 ± 26 l/min bei einem Meßbereich von 63 l/min und 163 l/min. Auch in dieser Gruppe blieben die Meßwerte von 14 Glasbläsern durchschnittlich um 14% unter dem Normalwert.

Die Ex-Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren erzielten einen mittleren Atemgrenzwert von 105 ± 25 l/min. Die Einzelwerte lagen zwischen 74 l/min und 148 l/min. Sieben Ex-Glasbläser unterschritten den Sollwert des Atemgrenzwertes um bis zu 25%.

Bei den Ex-Glasbläsern mit mindestens zehn Berufsjahren wurde ein durchschnittlicher Atemgrenzwert von 98 ± 21 l/min in einem Bereich von 75 l/min bis 139 l/min bestimmt. Er lag bei drei Ex-Glasbläsern um bis zu 15% unter dem Sollwert.

Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Glasbläser- und Ex-Glasbläsergruppen sowie zwischen den Mittelwerten der altersmäßig vergleichbaren Glasbläser mit mindestens zehn Berufsjahren und der Ex-Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren ließen sich nicht statistisch sichern.

5.4 Funktionelle Residualkapazität

Unter der funktionellen Residualkapazität versteht man das Luftvolumen, das sich am Ende einer normalen Expiration in der Lunge befindet.

Die durchschnittliche funktionelle Residualkapazität der vier Glasmachergruppen lag bei 3 l (Tab.5).

Tab.5: Funktionelle Residualkapazität (FRK) der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	FRK (l)		
		$\bar{x} \pm s$	Min	Max
Glasbläser < 10	34	$3,0 \pm 0,5$	2,2	4,7
Glasbläser $\geq$ 10	33	$2,9 \pm 0,5$	2,1	4,2
Ex-Glasbläser < 10	11	$3,1 \pm 0,5$	2,4	4,1
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	$2,9 \pm 0,5$	2,1	3,6

Die funktionelle Residualkapazität differierte in allen vier Gruppen nur geringfügig bei identischer Standardabweichung. Der Meßbereich zeigte sich bei den jünge-

ren Glasbläsern am größten, während die Ex-Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren kein Glas mehr geblasen hatten, den engsten Bereich von 2,1 l bis 3,6 l aufwiesen. Die Unterschiede der funktionellen Residualkapazität waren statistisch nicht signifikant.

5.5 Expiratorisches Reservevolumen

Das expiratorische Reservevolumen kennzeichnet das Luftvolumen, das nach einer normalen Expiration noch zusätzlich ausgeatmet werden kann.

Die Mittelwerte des expiratorischen Reservevolumens der vier Glasmachergruppen lagen zwischen 1,6 l und 1,3 l (Tab.6).

Tab.6: Expiratorisches Reservevolumen (ERV) der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)		n	$\bar{x}$	$\pm$	ERV (l)		
					s	Min	Max
Glasbläser	< 10	34	1,6	$\pm$	0,3	1,0	2,4
Glasbläser	$\geq$ 10	33	1,3	$\pm$	0,4	0,5	2,2
Ex-Glasbläser	< 10	11	1,5	$\pm$	0,5	0,7	2,1
Ex-Glasbläser	$\geq$ 10	8	1,3	$\pm$	0,5	0,8	1,9

Der Unterschied der expiratorischen Reservevolumina der aktiven Glasbläsergruppen war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,001$ signifikant. Zwischen den zwei Ex-Glasbläsergruppen sowie zwischen den Glasbläsern mit mindestens zehn Berufsjahren und den jüngeren Ex-Glas-

bläsern ließen sich die Differenzen der Mittelwerte statistisch nicht sichern.

5.6 Totalkapazität

Die Totalkapazität ist das Luftvolumen, das sich nach maximaler Inspiration in der Lunge befindet.

Die mittleren Totalkapazitäten der vier Glasmachergruppen faßt Tabelle 7 zusammen.

Während sich die Totalkapazitäten der zwei Glasbläsergruppen und der jüngeren Ex-Glasbläser kaum voneinander unterschieden, fiel die Totalkapazität der älteren Ex-Glasbläser um 0,8 l niedriger aus.

Tab.7: Totalkapazität (TK) der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	TK (l)			Min	Max
		$\bar{x}$	$\pm$	s		
Glasbläser < 10	34	6,7	$\pm$	0,8	5,2	8,7
Glasbläser $\geq$ 10	33	6,7	$\pm$	0,9	4,8	8,7
Ex-Glasbläser < 10	11	6,8	$\pm$	0,8	5,8	8,0
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	6,0	$\pm$	0,8	4,9	7,2

Die Mittelwertdifferenzen zwischen den Glasmachergruppen ließen sich statistisch nicht sichern.

5.7 Residualvolumen

Als Residualvolumen bezeichnet man das Luftvolumen, das sich nach einer maximalen Expiration noch in der Lunge befindet.

Das Residualvolumen der Glasmacher wurde nach zwei Meßverfahren der Fremdgasmethode bestimmt.

Die nach dem herkömmlichen Verfahren der Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung des Helium-Luftgemisches ermittelten durchschnittlichen Residualvolumina lagen im Normalbereich (Abb.7).

Der prozentuale Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität ist der Tabelle 8 zu entnehmen.

Tab.8: Residualvolumen in Prozent der Totalkapazität (RV (%TK)) der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	RV (%TK)			
		$\bar{x}$	$\pm s$	Min	Max
Glasbläser < 10	34	22	± 6	13	34
Glasbläser ≥ 10	33	25	± 6	16	41
Ex-Glasbläser < 10	11	24	± 7	14	36
Ex-Glasbläser ≥ 10	8	27	± 4	19	33

Das mittlere Residualvolumen der Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren betrug $1,5 \pm 0,4$ l, wobei die Meßwerte zwischen 0,7 l und 2,6 l streuten. Fünf Glasbläser wiesen ein um bis zu 33% gegenüber dem individuellen Sollwert vergrößertes Residualvolumen auf.

Der prozentuale Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität reichte von 13% bis 34% und betrug durchschnittlich $22 \pm 6\%$ (Soll: $23 \pm 0\%$). Bei 13 Glasbläsern lag er oberhalb des Referenzwertes.

Die Glasbläser mit mindestens zehn Berufsjahren besaßen ein mittleres Residualvolumen von $1,7 \pm 0,5$ l bei einem Meßbereich von 0,8 l bis 2,8 l. Die Residualvolumina von sieben Glasbläsern lagen bis zu 40% über den Normalwerten.

	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥10 J.	<10 J.	≥10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

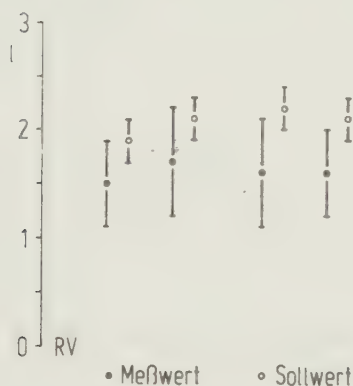


Abb. 7: Mittelwert und Standardabweichung des Residualvolumens der vier Glasmachergruppen

Im Mittel nahm das Residualvolumen $25 \pm 6\%$ (Soll: $25 \pm 2\%$) der Totalkapazität ein mit Grenzwerten von 16% und 41%. In 13 Fällen wurde der Sollwert übertroffen.

Das durchschnittliche Residualvolumen der Ex-Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren umfaßte $1,6 \pm 0,5$ l. Die Grenzen des Meßbereiches lagen bei 0,8 l und 2,6 l. Das Residualvolumen von zwei Ex-Glasbläsern war um bis zu 25% gegenüber dem Normalwert erhöht. Es beanspruchte 14% bis 36% der Totalkapazität, im Mittel

$24 \pm 7\%$ (Soll: $26 \pm 1\%$) und lag bei sechs Probanden über dem entsprechenden Referenzwert.

Die erfahreneren Ex-Glasbläser wiesen ein mittleres Residualvolumen von $1,6 \pm 0,4$ l auf. Die Einzelmeßwerte bewegten sich zwischen 1,1 l und 2,3 l. Ein Ex-Glasbläser besaß ein Residualvolumen, das 10% über dem Normalwert lag. Der prozentuale Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität lag zwischen 19% und 33% und ergab durchschnittlich $27 \pm 4\%$ (Soll: $28 \pm 0\%$). Die jeweiligen Sollwerte wurden von vier Ex-Glasbläsern überschritten.

Die Unterschiede der mittleren Residualvolumina in den vier Glasmachergruppen ließen sich nicht statistisch sichern.

In Abbildung 8 werden die Ergebnisse der Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung (RV_{He}) der Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung (RV_{os}) gegenübergestellt.

Das mittlere Residualvolumen der jüngeren Glasbläser fiel nach der Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung mit $1,4 \pm 0,4$ l um 0,1 l niedriger gegenüber dem mittleren Meßwert nach der klassischen Residualvolumenbestimmung aus.

Identische Mittelwerte und Standardabweichungen wurden mit $1,7 \pm 0,5$ l bei den älteren Glasbläsern nach beiden Verfahren erzielt.

Dagegen ergaben sich in beiden Ex-Glasbläsergruppen höhere Mittelwerte nach der Oszillationsmethode als nach dem herkömmlichen Meßverfahren. Bei den jüngeren Ex-Glasbläsern wurde oszillatorisch ein mittleres Residualvolumen von $1,8 \pm 0,3$ l gegenüber $1,6 \pm 0,5$ l nach der Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung bestimmt.

Berufsalter	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
	<10 J.	≥ 10 J.	<10 J.	≥ 10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

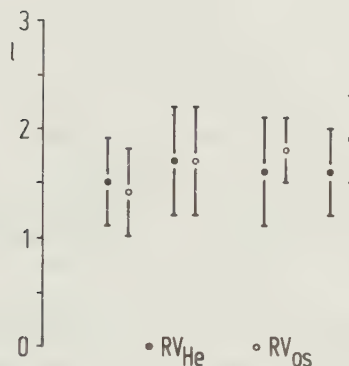


Abb. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen des nach zwei Meßverfahren der Fremdgasmethode bestimmten Residualvolumens der vier Glasmachergruppen.

(RV_{He} : Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung eines Helium-Luftgemisches

RV_{Os} : Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung eines Testgases)

Das durchschnittliche Residualvolumen der älteren Ex-Glasbläser betrug nach der Oszillationsmethode $1,9 \pm 0,4$ l und überschritt mit 0,3 l das mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung erhobene Meßergebnis.

Die mittlere Volumendifferenz der Meßwertpaare lag knapp unter einem halben Liter (Tab.9).

Tab.9: Volumendifferenz der Meßwertpaare des Residualvolumens der vier Glasmachergruppen

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	Volumendifferenz (l)		
		$\bar{x}$	$\pm s$	Δ Max
Glasbläser < 10	34	0,4	$\pm 0,3$	1,1
Glasbläser $\geq$ 10	33	0,4	$\pm 0,3$	1,0
Ex-Glasbläser < 10	11	0,5	$\pm 0,4$	1,2
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	0,4	$\pm 0,2$	0,8

Maximal unterschieden sich die nach beiden Verfahren gemessenen Residualvolumina um 1,2 l. Statistisch konnten diese Paardifferenzen nicht gesichert werden.

Aus der Tabelle 10 geht hervor, wie häufig das eine Meßverfahren gegenüber dem anderen gleiche oder höhere Residualvolumina bestimmte.

Tab.10: Anzahl gleicher und höherer Residualvolumina bei der Meßverfahren in den vier Glasmachergruppen.

(RV_{He}: Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung eines Helium-Luftgemisches

RV_{os}: Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung eines Testgases)

In beiden Glasbläsergruppen fehlt je ein Meßwert.

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	RV _{He} = RV _{os}	RV _{He} > RV _{os}	RV _{os} > RV _{He}
Glasbläser < 10	1	16	16
Glasbläser $\geq$ 10	5	16	11
Ex-Glasbläser < 10	0	4	7
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	0	2	6

Ein ausgewogenes Bild ergab sich bei den jüngeren Glasbläsern. In gleichen vielen Fällen wurden höhere Residualvolumina gegenüber der Referenzmethode bestimmt. Eine Übereinstimmung der Meßwerte konnte am häufigsten bei den älteren Glasbläsern beobachtet werden. Mit zunehmendem durchschnittlichen Lebensalter in beiden 12-Glasbläsergruppen ermittelte die Oszillationsmethode häufiger höhere Meßwerte.

5.8 Oszillatorische Resistance

Neben der Ganzkörperplethysmographie stellt die Oszillationsmethode ein Verfahren dar, den Atemwiderstand zu messen. Bei diesem Verfahren gehen nicht nur die Strömungswiderstände der Atemwege, sondern auch die Elastizität der Lunge und des Thorax neben Trägheitswiderständen der Luft und des Gewebes in die Messung mit ein [21, 31, 35]. Daher ergeben sich gegenüber der Ganzkörperplethysmographie höhere Atemwiderstände und andere Referenzwerte [43].

Der mittlere oszillatorische Atemwiderstand der vier Glasbläsergruppen lag im Bereich der Norm (Abb.9).

Die Glasbläser mit einem Berufsalter von unter zehn Jahren wiesen im Durchschnitt eine oszillatorische Resistance von $3,5 \pm 1,2 \text{ mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$ bei einem Meßbereich von $2,0 \text{ mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $6,8 \text{ mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$ auf. Bei acht Glasbläsern lag der Meßwert um bis zu 70% über dem Referenzwert.

Der oszillatorische Atemwiderstand der älteren Glasbläser betrug $3,8 \pm 1,1 \text{ mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$. Minimale und maximale Atemwiderstände wurden mit $1,8 \text{ mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$ bzw. $6,5 \text{ mbar/l} \cdot \text{s}^{-1}$ gemessen. Die oszillatorische Resistance von zwölf Glasbläsern übertraf den Referenzwert um bis zu 59%.

	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥ 10 J.	<10 J.	≥ 10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

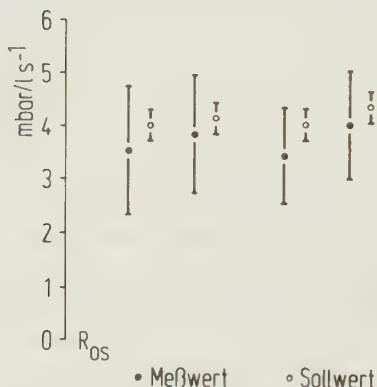


Abb.9: Mittelwert und Standardabweichung der oszillatorischen Resistance der vier Glasmachergruppen. Die Sollwerte orientieren sich nach SMIDT [43].

Bei den jüngeren Ex-Glasbläsern lag der durchschnittliche oszillatorische Atemwiderstand bei $3,4 \pm 0,9 \text{ mbar/l}\cdot\text{s}^{-1}$, im einzelnen wurden Werte zwischen $2,4 \text{ mbar/l}\cdot\text{s}^{-1}$ und $5,5 \text{ mbar/l}\cdot\text{s}^{-1}$ gemessen.

Drei Ex-Glasbläser wiesen einen bis zu 31% über dem Referenzwert liegenden Atemwiderstand auf.

Die älteren Ex-Glasbläser hatten einen mittleren oszillatorischen Atemwiderstand von $4,0 \pm 1,0 \text{ mbar/l}\cdot\text{s}^{-1}$. Die individuellen Meßwerte streuten zwischen $2,5 \text{ mbar/l}\cdot\text{s}^{-1}$ und $5,2 \text{ mbar/l}\cdot\text{s}^{-1}$. Sie waren bei drei Ex-Glasbläsern um bis zu 13% gegenüber den Referenzwerten erhöht.

Die Unterschiede der mittleren oszillatorischen Resistance in den vier Glasmachergruppen ließen sich nicht statistisch sichern.

5.9 Resistance-Volumen-Winkel (α)

Das Resistance-Volumen-Diagramm gibt den Anstieg der oszillatorischen Resistance während eines ruhigen expiratorischen Vitalkapazitätsmanövers wider.

Abbildung 10 zeigt neben dem Resistogramm das Resistance-Volumen-Diagramm eines Glasbläfers mit hohem oszillatorischen Atemwiderstand und steilem Anstieg der oszillatorischen Resistance bei Expiration.

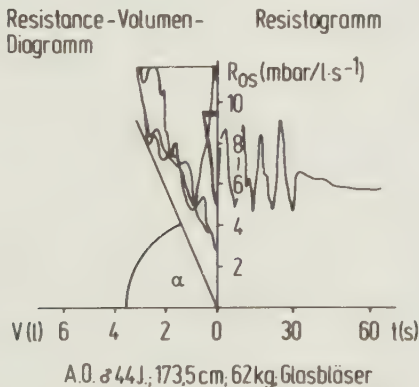


Abb. 10: Resistance-Volumen-Diagramm und oszillatorischer Atemwiderstand R_{OS} eines 44jährigen Glasbläfers

Es wurde der Resistance-Volumen-Winkel (α) ausgemessen, der durch die Volumenachse und eine Gerade gebildet wird, die durch den Nullpunkt des Koordinatensystems und den Punkt des endgültigen maximalen Atemwiderstandsanstiegs läuft [25, 38].

Als Berechnungsgrundlage diente der Tangens dieses Winkels. Er ergab sich aus dem Quotienten des oszillatorischen Atemwiderstandes am Punkt des maximalen Atemwiderstandsanstiegs zu dem zu diesem Zeitpunkt expirierten Volumen. Die mittleren Resistance-Volumen-Winkel (α) der vier Glasmachergruppen lagen zwischen 44° und 50° (Abb.11).

	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥ 10 J.	<10 J.	≥ 10 J.
n	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.

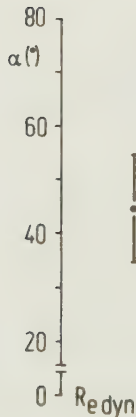


Abb.11: Mittelwert und Standardabweichung des Winkels (α) als Maß der "expiratorisch-dynamischen Resistance (Redyn)" der vier Glasmachergruppen

Bei den jüngeren Glasbläsern betrug der Winkel (α) im Mittel $44,6 \pm 10,0^\circ$. Der Meßbereich erstreckte sich von 27° bis 67° .

Der mittlere Winkel (α) der älteren aktiven Glasbläser war mit $49,4 \pm 9,3^\circ$ gegenüber den jüngeren um 5° größer. Im einzelnen lagen die Werte zwischen 34° und 70° .

Die jüngeren Ex-Glasbläser wiesen mit durchschnittlich $44,4 \pm 8,9^\circ$ ähnliche Resistance-Volumen-Winkel wie die jüngeren Glasbläser auf. Der kleinste Winkel war 32° , der größte 64° .

Bei den älteren Ex-Glasbläsern fand sich ein mittlerer Winkel (α) von $49,9 \pm 6,4^\circ$. Minimal- und Maximalwinkel lagen bei 42° respektive 60° .

Die Differenz der durchschnittlichen Winkel (α) von beiden Glasbläsergruppen ließ sich statistisch auf dem 5%-Niveau sichern, die Mittelwertunterschiede zwischen den anderen Glasmachergruppen waren statistisch nicht signifikant.

6,0 D i s k u s s i o n

Auf der Grundlage der erhobenen Befunde sind folgende Fragen zu diskutieren:

1. Besteht ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Lungenfunktionsanalyse und dem Berufsalter als Glasbläser?
2. Welchen Einfluß auf die Lungenfunktion hat das Zigarettenrauchen?
3. Welchen arbeitsmedizinischen Stellenwert besitzen Lungenfunktionsprüfungen bei Glasmachern?

Einen wesentlichen Parameter der Lungenfunktionsanalyse stellt die Vitalkapazität dar. Als statische Größe ist sie hauptsächlich von den elastischen Gewebswiderständen der Lunge, der Pleura und des Thorax abhängig [4, 14, 15, 42].

Die Vitalkapazität zeigte für die Glasbläser mit mindestens zehnjähriger Berufserfahrung eine Abhängigkeit vom Lebensalter wie auch vom Berufsalter auf dem 1%-Niveau (Tab.11).

Tab.11: Korrelogramm für die Vitalkapazität (VK) in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen
(++ $p \leq 0,01$)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für VK gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,04	- 0,04
Glasbläser $\geq$ 10	33	- 0,50 ++	- 0,45 ++
Ex-Glasbläser < 10	11	- 0,31	- 0,16
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	- 0,50	- 0,33

Besonders auffällig war der hohe Anteil an Rauchern (n = 10) unter den Probanden mit gegenüber den Referenzwerten verminderten Vitalkapazitäten (n = 12). Bei zwei Glasbläsern unterschritt die Vitalkapazität den Mindestsollwert um mehr als 10%. Nach den arbeitsmedizinisch-berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für "Hitze-arbeitsplätze" wären für diese beiden Männer Bedenken gegenüber der Eignung für eine weitere Tätigkeit an entsprechenden Arbeitsplätzen anzumelden [13, 26].

Der Atemstoßwert zählt wie die Vitalkapazität zu den vorrangigen Grundparametern einer orientierenden Lungenfunktionsprüfung. Er stellt eine dynamische Größe dar und ist neben den Strömungswiderständen in erster Linie von den elastischen Retraktionskräften der Lunge abhängig [4, 10, 15, 42].

Der Zusammenhang zwischen Atemstoßwert und Lebensalter resp. Berufsalter ergibt sich aus dem Korrelogramm in Tabelle 12.

Tab.12: Korrelogramm für den Atemstoßwert (AST) in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen

(++ p $\leq$ 0,01; +++ p $\leq$ 0,001)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für AST gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	0,21	0,20
Glasbläser $\geq$ 10	33	- 0,55 +++	- 0,51 ++
Ex-Glasbläser < 10	11	- 0,20	- 0,32
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	- 0,58	0,10

Bei den erfahreneren Glasbläsern wies der Atemstoßwert eine Abhängigkeit nicht nur vom Alter ($p \leq 0,001$), sondern auch von der Blasdauer ($p \leq 0,01$) auf.

Wie bei der Vitalkapazität entfielen die gegenüber den Normalwerten herabgesetzten Atemstoßwerte ($n = 7$) meistens auf Raucher ($n = 6$).

Bei zwei Probanden lag der Atemstoßwert um mehr als 10% unter dem Mindestsollwert und gab damit Anlaß zu gesundheitlichen Bedenken unter arbeitsmedizinischen Kautelen [13, 26].

Der Atemgrenzwert läßt auf die ventilatorischen Reserven schließen und hängt sowohl von der Größe der Vitalkapazität als auch von der Höhe des Atemstoßwertes ab [4, 10, 15].

Beim Atemgrenzwert konnte lediglich ein Zusammenhang mit dem Lebensalter der jüngeren aktiven Glasbläser auf dem 5%-Niveau gesichert werden (Tab.13).

Tab.13: Korrelogramm für den Atemgrenzwert (AGW) in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen.

(+ $p \leq 0,05$)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für AGW gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	0,37 +	0,33
Glasbläser $\geq$ 10	33	- 0,18	- 0,15
Ex-Glasbläser < 10	11	0,03	0,34
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	- 0,14	- 0,22

Der Atemgrenzwert war bei 16 Glasmachern erniedrigt, ohne daß weitere Lungenfunktionsparameter auffällig waren. Bei 22 anderen Arbeitern wurden zusätzlich ein herabgesetzter Atemstoßwert, eine erhöhte Resistance oder ein vergrößertes Residualvolumen festgestellt.

Insgesamt wiesen 38 Glasmacher einen verminderten Atemgrenzwert auf, von denen überdurchschnittlich viele rauchten (n = 29).

Die funktionelle Residualkapazität wird bestimmt durch die momentane Atemruhelage, bei der zwischen in- und expiratorisch gerichteten Kräften am Thorax ein Gleichgewicht besteht [23, 24, 28, 42, 47]. Auch das expiratorische Reservevolumen ist unter anderem von der Atemruhelage abhängig und daher nur im Zusammenhang mit der funktionellen Residualkapazität und dem Residualvolumen zu interpretieren [6].

Funktionelle Residualkapazität und expiratorisches Reservevolumen zeigen bei den jüngeren aktiven Glasbläsern eine Beziehung sowohl zum Lebensalter als auch zum Berufsalter (Tab.14).

In der Gruppe der erfahreneren Glasbläser bestand lediglich eine statistisch signifikante Korrelation zwischen expiratorischem Reservevolumen und dem Lebens- sowie dem Berufsalter (Tab.14).

Ebenfalls nur sekundäre diagnostische Bedeutung besitzt die Totalkapazität. Aufgrund der Kompensationsmöglichkeit bei entgegengesetzten Größenänderungen der Vitalkapazität und des Residualvolumens übertrifft der Informationsgehalt der Totalkapazität nicht den ihrer Teilvolumina [6].

Für die Totalkapazität konnte in keiner Glasmachergruppe eine Beziehung zum Lebensalter oder zum Berufsalter als Glasbläser statistisch gesichert werden (Tab.14).

Tab.14: Korrelogramm für die funktionelle Residualkapazität (FRK), das expiratorische Reservevolumen (ERV) und die Totalkapazität (TK) in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen.

(+ $p \leq 0,05$; ++ $p \leq 0,01$; +++ $p \leq 0,001$)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für FRK gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,40 +	- 0,41 +
Glasbläser $\geq$ 10	33	- 0,15	- 0,21
Ex-Glasbläser < 10	11	- 0,66 +	- 0,50
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	- 0,42	- 0,09
		r für ERV gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,45 ++	- 0,55 +++
Glasbläser $\geq$ 10	33	- 0,50 ++	- 0,50 ++
Ex-Glasbläser < 10	11	- 0,55	- 0,22
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	- 0,51	- 0,40
		r für TK gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,12	- 0,07
Glasbläser $\geq$ 10	33	- 0,28	- 0,26
Ex-Glasbläser < 10	11	- 0,33	- 0,33
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	- 0,31	- 0,03

Die Größe des Residualvolumens ist ein Maß für den Blähungszustand der Lunge und läßt häufig auf eine obstruktive Ventilationsstörung schließen. Dem Schweregrad einer obstruktiven Ventilationsstörung entsprechend fällt das Residualvolumen umso höher aus, je mehr Luft nach maximaler Expiration in der Lunge "gefangen" bleibt [4, 23, 24, 28, 42, 47].

Das Residualvolumen wies eine signifikant negative Beziehung allein zum Berufsalter der jüngeren Glasbläser auf (Tab.15).

Tab.15: Korrelogramm für das Residualvolumen (RV) in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen.

(+++ $p \leq 0,001$)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für RV gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,14	- 0,77 +++
Glasbläser $\geq$ 10	33	0,30	0,24
Ex-Glasbläser < 10	11	- 0,06	- 0,22
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	0,05	0,36

Überproportional hoch war auch beim Residualvolumen der Anteil der Raucher (n = 10) unter den Glasmachern mit gegenüber den Sollwerten erhöhten Meßwerten (n = 15).

Aus den Meßwertpaaren der Residualvolumendoppelbestimmung durch zwei Verfahren der Fremdgasmethode berechnete sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,32$ und die Regressionsgerade $y = 0,28 x + 1,16$ (Abb.12).

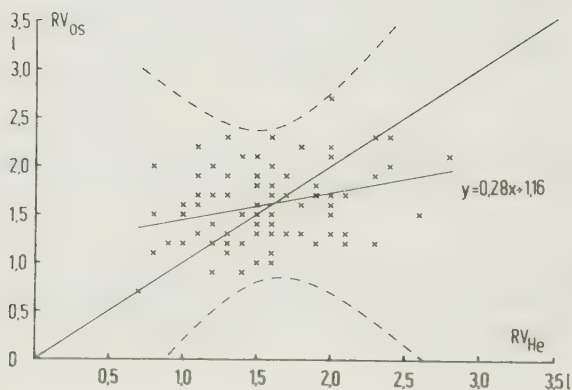


Abb.12: Punktekorelogramm, Regressionsgerade mit 95%-Vertrauensbereich und Identitätsgerade zwischen den Meßwerten der Residualvolumenbestimmung mittels Wärmeleitfähigkeitsmessung (RV_{os}) und der Residualvolumenbestimmung mittels RV_{He} oszillatorischer Dichtemessung (RV_{os})

Die Regressionsgerade schneidet die Identitätsgerade bei einem Residualvolumen von 1,6 l. Residualvolumina unter 1,6 l wurden durch die Residualvolumenbestimmung mittels oszillatorischer Dichtemessung im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren eher überschätzt, während Residualvolumina über 1,6 l oszillatorisch eher zu niedrig bestimmt wurden. Insgesamt lagen 47% der Meßwerte der Oszillationsmethode über und 44% unter den Referenzwerten des klassischen Verfahrens.

Eine wesentlich bessere Übereinstimmung beider Meßmethoden erzielten PETRO und Mitarb. [29, 30] mit Korrelationskoeffizienten von $r = 0,88$ und $r = 0,82$ bei Erwachsenen bzw. Kindern.

Sie fanden systematisch höhere Residualvolumina bei Anwendung der Oszillationstechnik gegenüber dem klassischen Helium-Gasmischverfahren, während Oszillationsmethode und Ganzkörperplethysmographie praktisch identische Meßwerte ergaben.

Die Autoren führten die Meßwertdifferenzen zwischen dem neueren und dem herkömmlichen Verfahren der Fremdgasmethode in erster Linie auf den hohen Heliumanteil des Testgases der Oszillationsmethode zurück. Die geringe Dichte und große Diffusibilität des Testgases ermöglichten eine forcierte Gasmischung auch bei obstruktiven Ventilationsstörungen, so daß einerseits der Untersuchungsgang auf ca. eine Minute gekürzt werden konnte, andererseits auch minderventilierte Lungenareale meßtechnisch zugänglich wurden, die das herkömmliche Verfahren unter Ruheatmung nur unzureichend erfaßt.

REICHEL, DANNENBERG und REDECKER [34] schilderten in einem Methodenvergleich zwischen herkömmlicher Fremdgasmethode und Ganzkörperplethysmographie, daß allein mit einer durch wiederholte Vitalkapazitätsmanöver modifizierten Ruheatmung in der Einwaschphase der Helium-Gasmischmethode die Meßwertdifferenzen der Verfahren fast aufgehoben und die Untersuchungszeit der klassischen Fremdgasmethode reduziert werden konnte.

Infolgedessen scheint weniger die höhere Heliumkonzentration für die Verkürzung der Untersuchungszeit und die Erfassung minderbelüfteter Lungenbezirke bei der Oszillationstechnik ausschlaggebend zu sein, sondern eher die forcierte Rückatmung des Testgases bei höheren Atemzugvolumina und gesteigerter Atemfrequenz.

Berücksichtigt man die Ergebnisse von PETRO und Mitarb. [29] bei der Interpretation der Meßwerte der Glasmacher, geben die größeren Residualvolumina, die mittels oszillato-

rischer Dichtemessung im Vergleich zur herkömmlichen Fremdgasmethode bestimmt wurden, Hinweise auf eine Zunahme minderventilierter Lungenareale unter Ruheatmung vor allem bei den älteren Ex-Glasbläsern.

Als eine Ursache der ungenügenden Übereinstimmung beider Meßverfahren kann das geringe Systemvolumen der Oszillationsmethode angegeben werden.

Für die oszillatorische Bestimmung des Residualvolumens der Glasmacher stand ein Testgasvolumen von 4,0 l zur Verfügung. PETRO und Mitarb. [29] berichteten, daß bei Testgasvolumina in dieser Größenordnung während der Rückatmung ein Abfall des arteriellen PO_2 und ein deutlicher Anstieg des arteriellen PCO_2 beobachtet wurden. 20% ihrer Probanden gaben bei einem Atembeutelvolumen von 4,5 l Luftnot und Schwindelgefühl an, Beschwerden, über die auch einige Glasmacher klagten.

Die beschriebenen Blutgasveränderungen steigern Atemtiefe sowie vor allem die Atemfrequenz der schon forcierten Atmung [19]. Es kommt zu einer vergleichsweise stärkeren Belüftung zentraler Lungenbezirke gegenüber der Lungenperipherie. Offensichtlich blieb die Gasmischung in den peripheren Lungenarealen unzureichend, so daß der Verteilungsraum des Testgases nicht der funktionellen Residualkapazität entsprach.

Der Verlauf der Regressionsgeraden deutet an, daß eine ausreichende Gasmischung beim Vergleich mit dem klassischen Meßverfahren bis zu einem Residualvolumen von 1,6 l gewährleistet war. Für die Bestimmung größerer Residualvolumina war das Testgasvolumen von 4,0 l unterdimensioniert.

Zur Verbesserung der Tolerabilität der Oszillationsmethode führten PETRO und Mitarb. [29] ihre Messungen mit einem Testgasvolumen von 5,5 l durch. Die eigenen Doppelbestimmungen des Residualvolumens machten ergänzend den großen Ein-

fluß eines ausreichend bemessenen Testgasvolumens der Oszillationsmethode bezüglich der Vergleichbarkeit beider Meßverfahren deutlich.

Ein anerkanntes Verfahren zur Messung des Atemwiderstandes ist die Ganzkörperplethysmographie. Aufgrund des technischen Aufwandes ist die Anwendbarkeit in der Regel auf hochspezialisierte Funktionslaboratorien begrenzt und wegen der reduzierten Mobilität in Felduntersuchungen wenig einsetzbar. Inzwischen wurde die Oszillationsmethode zu einem praktikablen Verfahren entwickelt [21].

Vergleichsmessungen zwischen der Oszillationsmethode und der Ganzkörperplethysmographie ergaben Korrelationskoeffizienten von $r = 0,5$ bis $r = 0,8$ [33].

REICHEL und Mitarb. [35] berechneten einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,56$ und hielten eine direkte Vergleichbarkeit beider Verfahren für nur bedingt möglich. Allerdings wurden nur in 3,0 bis 3,5% der untersuchten Fälle erhöhte ganzkörperplethysmographische Strömungswiderstände durch die oszillatorische Messung des Atemwiderstandes nicht vollständig erkannt. Daher kann nach Ansicht dieser Arbeitsgruppe eine Bronchialobstruktion oszillatorisch in Verbindung mit der Prüfung des Atemstoßwertes sicher erfaßt werden.

Die oszillatorische Resistance wies lediglich bei den älteren Ex-Glasbläsern einen Zusammenhang zum Lebensalter auf. (Tab.16),

Tab.16: Korrelogramm für die oszillatorische Resistance Ros in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen.

(+ $p \leq 0,05$)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für Ros gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,04	0,04
Glasbläser $\geq$ 10	33	0,28	0,29
Ex-Glasbläser < 10	11	0,29	- 0,17
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	0,79 +	0,07

Die Zahl der Raucher ($n = 16$) unter den Glasmachern mit einer die Referenzwerte übertreffenden oszillatorischen Resistance ($n = 26$) entsprach dem Anteil der Raucher am Gesamtkollektiv (ca. 60%).

Resistance-Volumen-Diagramme wurden bislang nur kasuistisch beschrieben [2, 18]. Es fehlte die Möglichkeit einer standardisierten Auswertung. Um die Resistance-Volumen-Beziehung zu quantifizieren und damit einer statistischen Bearbeitung zugänglich zu machen, boten sich verschiedene Atemwiderstandsanstiegswinkel an.

TRAUTH und Mitarb. [48] schlugen einen Atemwiderstandsanstiegswinkel (γ) vor. Dieser Winkel (γ) ließ eine eindeutige Abgrenzung von Atemwegs- und Lungenkranken gegenüber Lungengesunden zu. Eine weitergehende Differenzierung durch diese Meßgröße war nicht möglich.

SCHÄCKE [38] und v.LAER [25] bevorzugten den Atemwiderstand-Volumen-Winkel (α), der in ihrem Untersuchungskollektiv von allen in Erwägung gezogenen Winkeln die geringste Standardabweichung wie auch den kleinsten Variationskoeffizienten aufwies. Mit Hilfe dieses Winkels gelang es v.LAER, Unterschiede zwischen lungengesunden jungen Rauchern und Nichtrauchern zu sichern.

Für den Atemwiderstand-Volumen-Winkel (α) ließ sich nur bei den erfahreneren Glasbläsern eine Abhängigkeit zum Lebensalter feststellen (Tab.17).

Tab.17: Korrelogramm für den Resistance-Volumen-Winkel (α) in Abhängigkeit vom Lebensalter bzw. Berufsalter als Glasbläser der vier Glasmachergruppen.

(+ $p \leq 0,05$)

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	r für α gegen	
		Lebensalter	Berufsalter
Glasbläser < 10	34	- 0,29	- 0,24
Glasbläser $\geq$ 10	33	0,36 +	0,26
Ex-Glasbläser < 10	11	0,31	- 0,11
Ex-Glasbläser $\geq$ 10	8	0,70	0,09

Nach den vorliegenden Ergebnissen kann die Lungenfunktion der vier Glasmachergruppen wie folgt zusammengefaßt werden:

Die durchschnittlichen Meßwerte der Lungenfunktionsparameter lagen jeweils in den Grenzen der Sollwerte der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) bzw. der Referenzwerte nach SMIDT [24, 43].

Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der beiden Glasbläsergruppen bestanden beim expiratorischen Reservevolumen und beim Resistance-Volumen-Winkel (α). Während das expiratorische Reservevolumen Größenänderungen der funktionellen Residualkapazität und des Residualvolumens widerspiegelt, wobei deren Mittelwertdifferenzen nicht statistisch gesichert werden konnten, fehlen für die Resistance-Volumen-Winkel (α) noch gesicherte Referenzwerte, die erst eine Trennung von Altersgang und Einfluß der Berufstätigkeit ermöglichen würden.

Unter Berücksichtigung der korrelationsanalytischen Ergebnisse sind solche Lungenfunktionsparameter von Interesse, die allein zur Dauer der Berufstätigkeit eine Beziehung aufzeigen. Unter diesem Gesichtspunkt war die Abhängigkeit des Residualvolumens der jüngeren Glasbläser vom Berufsalter auffällig: Ihr Residualvolumen verringerte sich mit zunehmender Blasdauer. In Verbindung mit der Abnahme der funktionellen Residualkapazität und des expiratorischen Reservevolumens erscheint es wahrscheinlich, daß die Tätigkeit des Glasbläfers ein Training der Expirationmuskulatur bewirkt. Hierbei kommt es in Abhängigkeit vom Berufsalter zu einer expiratorisch verlagerten Atemruhelage. Gleichzeitig bewirkt bei maximaler Expiration eine stärkere muskuläre Kompression des Thorax eine Verkleinerung des Residualvolumens [5, 12].

Bei den älteren Glasbläsern wurde dieser Zusammenhang des Residualvolumens mit dem Berufsalter nicht beobachtet. Wahrscheinlich kompensieren bei ihnen Alterungsprozesse von Lunge und Thorax die Trainingseffekte des Glasblasens, indem durch Abnahme der elastischen Retraktionskräfte des Lungengewebes und Versteifung des knöchernen Thorax die Expiration limitiert wird [46, 47].

Das Punktekorrelogramm in Abbildung 13 stellt die einzelnen Residualvolumina aller untersuchter aktiver Glasbläser in Abhängigkeit vom altersentsprechenden Sollwert unter Berücksichtigung des Berufsalters dar. Eine gerichtete Beziehung kann nicht gesichert werden.

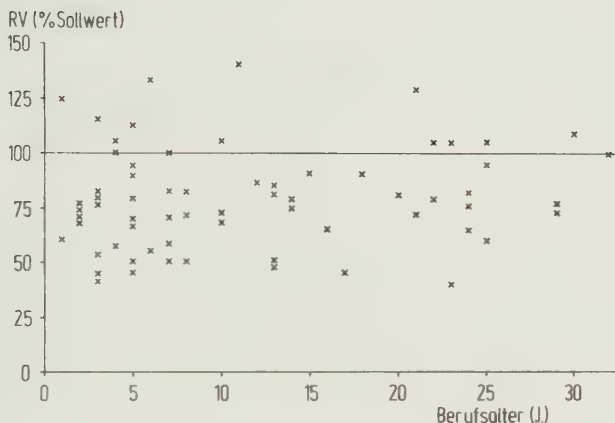


Abb.13: Punktekorrelogramm zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Abweichung des Residualvolumens vom altersentsprechenden Sollwert und dem Berufsalter der 67 aktiven Glasbläser. Die 100%-Marke kennzeichnet den von der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl empfohlenen Sollwert [20].

Seit vielen Jahren ist wiederholt die Frage diskutiert worden, ob das Blasen von Glas die Entstehung einer Lungenüberblähung fördert. Auch in neueren Veröffentlichungen wird die Vermutung geäußert, daß Preßatmung die Bereitschaft zur Lungenüberblähung begünstigt [32].

SCHNEIDER [41] sowie REIN und BRINKMANN [36] kamen aufgrund von Röntgenreihenuntersuchungen und klinischer Untersuchungen zu der Auffassung, daß eine Lungenüberblähung in diesem Personenkreis nicht häufiger als bei Vergleichspersonen anderer Betriebe auftrat. Wegen der unzureichenden Untersuchungsmethoden waren diese Ergebnisse jedoch mit großer Unsicherheit behaftet.

WAGNER [52] veröffentlichte 1975 weitere Ergebnisse von Lungenfunktionsprüfungen an Glasbläsern. Da er nur die Vitalkapazität und den Atemstoßwert in seinem Gesamtkollektiv bestimmte und lediglich bei Probanden mit auffälligen Lungenfunktionsmeßwerten zusätzlich das Residualvolumen ermittelte, war die Aussagekraft seiner Untersuchung hinsichtlich der Häufigkeit einer Lungenüberblähung bei Glasmachern erheblich reduziert.

Für die Klärung des Zusammenhangs zwischen der Entwicklung einer Lungenüberblähung und der Tätigkeit als Glasbläser oder ähnlich belasteter Berufsgruppen, wie z.B. Blasmusiker, waren daher sorgfältige und standardisierte lungenfunktionsanalytische Untersuchungen erforderlich [1, 26, 39, 44]. Nach den vorliegenden Ergebnissen kann dieser Zusammenhang sicher verneint werden.

Auch wenn im Mittel die Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfungen der vier Glasmachergruppen im Normbereich lagen, wiesen doch 70% der Glasmacher (n = 60) wenigstens einen auffälligen Meßwert auf. Raucher (n = 38) waren fast doppelt so oft betroffen wie Nichtraucher (n = 22) (Tab.18).

Tab.18: Anzahl der Raucher und Nichtraucher unter den Glasmachern mit auffälligen Lungenfunktionsmeßwerten

Glasmachergruppen nach ihrem Berufsalter (J)	n	Glasmacher mit auffälliger Lungenfunktion	
		Raucher	Nichtraucher
Glasbläser < 10	34	13	8
Glasbläser ≥ 10	33	16	9
Ex-Glasbläser < 10	11	6	2
Ex-Glasbläser ≥ 10	8	3	3

Jeder dritte Glasmacher ($n = 30$) konnte einer der zwei folgenden Kombinationen auffälliger Lungenfunktionsparameter zugeordnet werden:

Typ I kennzeichnete ein gegenüber dem Sollwert vergrößertes Residualvolumen sowie zum Teil eine erniedrigte Vitalkapazität bzw. einen verminderten Atemgrenzwert.

Typ II umfaßte eine gegenüber dem Referenzwert erhöhte oszillatorische Resistance und einen herabgesetzten Atemstoßwert. Zusätzlich unterschritten in einigen Fällen der Atemgrenzwert oder die Vitalkapazität den Sollwert.

In Abbildung 14 ist die Anzahl der Glasmacher in den vier Glasmachergruppen widergegeben, die unter die definierten Parameterkonstellationen fallen.

Typ I	RV↑, VK↓, AGW↓			
n (auffällig)	4	7	2	1
	Glasbläser		Ex-Glasbläser	
Berufsalter	<10 J.	≥10 J.	<10 J.	≥10 J.
n (gesamt)	34	33	11	8
Alter $\bar{x}$	23 J.	37 J.	38 J.	48 J.
n (auffällig)	6	6	2	2
Typ II	R _{OS} ↑+AST↓, AGW↓, VK↓			

Abb.14: Kombination auffälliger Lungenfunktionsmeßwerte und Anzahl der betroffenen Glasmacher in den vier Teilkollektiven

Die Frequenz beider Lungenfunktionstypen war in den vier Glasmachergruppen etwa gleich. Überdurchschnittlich hoch war der Anteil der Raucher vor allem an Typ II (Tab.19).

Tab.19: Anzahl der Raucher und Nichtraucher unter den Glasmachern mit einer Parameterkonstellation auffälliger Meßwerte nach Typ I und Typ II

	Raucher	Nichtraucher
Typ I	9	5 ⁺
Typ II	12	4

⁺ einschließlich zweier ehemaliger Raucher

Es wird in nachfolgenden Untersuchungen zu klären sein, ob diese Einteilung in Lungenfunktionstypen Frühstadien einer obstruktiven Ventilationsstörung darstellt und ob sich Parallelen zur klinischen Einteilung chronisch-obstruktiver Lungenerkrankungen in parenchymatöse bzw.bronchitische Typen ziehen lassen [3, 16, 49].

In dieser Untersuchung wurde der große Einfluß des Rauchverhaltens der Glasmacher auf die Lungenfunktion offensichtlich. Raucher besaßen in der Regel häufiger auffällige Lungenfunktionsmeßwerte als Nichtraucher. Diese Feststellung wird gestützt durch die Ergebnisse der großangelegten Studie "Chronische Bronchitis und Staubbelastung am Arbeitsplatz", nach der das Tabakrauchen die wichtigste Einflußgröße für die Entwicklung der chronischen Bronchitis und des Lungenemphysems vor der Staubbelastung am Arbeitsplatz und dem Lebensalter ist [5, 6, 51].

In der allgemein- wie arbeitsmedizinischen Betreuung dieses Personenkreises haben daher Lungenfunktionsprüfungen zur rechtzeitigen Erfassung obstruktiver Ventilationsstörungen nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für Vorsorgeuntersuchungen "Hitzearbeiten" auch zukünftig ihre Bedeutung [13].

7.0 Z u s a m m e n f a s s u n g

Bei 86 Glasmachern wurden je neun Lungenfunktionsparameter bestimmt. Die Glasmacher verteilten sich auf vier Gruppen:

1. Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren Glas bliesen,
2. Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren Glas bliesen,
3. Ex-Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren nicht mehr Glas bliesen,
4. Ex-Glasbläser, die seit mindestens zehn Jahren nicht mehr Glas bliesen.

Es wurden folgende Ergebnisse gewonnen:

- a) Die Mittelwerte der Lungenfunktionsparameter Vitalkapazität, Atemstoßwert, Residualvolumen und oszillatorische Resistance der vier Glasmachergruppen lagen im Normbereich der Sollwerte der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) [28] bzw. der Referenzwerte für die oszillatorische Resistance nach SMIDT [43].
- b) Innerhalb der Glasmachergruppen fiel die negative Korrelation des Residualvolumens der Glasbläser, die seit weniger als zehn Jahren Glas bliesen, allein zum Berufsalter besonders auf. Das mit zunehmendem Berufsalter abnehmende Residualvolumen wurde mit einem Trainingseffekt des Glasblasens auf die Expirationsmuskulatur in Zusammenhang gebracht.
- c) Bei der Begutachtung der individuellen Lungenfunktion ließ sich ein Lungenfunktionstyp mit einem gegenüber dem Sollwert vergrößerten Residualvolumen gegen einen zweiten Lungenfunktionstyp mit einem gegenüber dem Referenzwert erhöhten oszillatorischen Atemwiderstand und herabgesetzten Atemstoßwert abgrenzen.

- d) Überdurchschnittlich häufig wiesen rauchende Glasmacher nicht normale Lungenfunktionsmeßwerte auf. Das Tabakrauchen war der wesentliche Risikofaktor für eine beeinträchtigte Lungenfunktion bei den Glasmachern.
- e) Die Doppelmessung des Residualvolumens nach zwei Verfahren der Fremdgasmethode (Wärmeleitfähigkeits- und Dichtemessung) ergab einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,32$.

8.0 L i t e r a t u r

1. Behling K, Szadowski D (1981)
Belastung des respiratorischen Systems bei Blas-
musikern.
Verh Dtsch Ges Arbeitsmed 21. Jahrestagung Berlin.
Gentner, Stuttgart, S.365-368
2. Beil M, Knorpp K, Ulmer WT (1976)
Verschlußvolumen und Resistance-Volumen-Beziehung
bei kleinknotiger Anthrakovosilikose.
Lung 154: 75-78
3. Bühlmann AA (1978)
Das Lungenemphysem.
Schweiz Med Wschr 108: 254-259
4. Cherniack RM (1979)
Lungenfunktionsprüfung.
Schattauer, Stuttgart
5. Comroe JH (1968)
Physiologie der Atmung.
Schattauer, Stuttgart
6. Comroe JH, Forster RE, Dubois AB, Briscoe WA,
Carlsen E (1968)
Die Lunge. Klinische Physiologie und Lungen-
funktionsprüfungen.
Schattauer, Stuttgart
7. Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg) (1975)
Chronische Bronchitis und Staubbelaftung am
Arbeitsplatz. Forschungsbericht.
Boldt, Boppard
8. Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg) (1981)
Chronische Bronchitis und Staubbelaftung am
Arbeitsplatz. Forschungsbericht Teil 2.
Boldt, Boppard

9. Fuchs LF (1956)
Die Glaskunst im Wandel der Jahrtausende.
Schneekluth, Darmstadt
10. Hamm J (1968)
Ventilationsgrößen.
In: Hertz CW
Begutachtung von Lungenfunktionsstörungen.
Thieme, Stuttgart, S.74-92
11. Harten HU (1974)
Physik für Mediziner.
Springer, Berlin
12. Hasselbach W (1971)
Muskel.
In: Gauer OH, Kramer K, Jung R
Physiologie des Menschen 4.
Urban u. Schwarzenbeck, München
13. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossen-
schaft e.V. (Hrsg)
Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für ar-
beitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Lose-
blattsammlung).
Gentner, Stuttgart
14. Herberg D (1968)
Statische Lungenvolumina.
In: Hertz CW
Begutachtung von Lungenfunktionsstörungen.
Thieme, Stuttgart, S.65-73
15. Hertz CW (1977)
Interpretation der Lungenfunktionsanalyse unter
besonderer Berücksichtigung der Begutachtung.
Prax Pneumol 31; 165-173
16. Hüttemann U, Schüren KP (1972)
Korrelation klinischer Lungenerkrankungen:
Klinische Erscheinungsformen und ihre Korre-
lation zur gestörten Atemfunktion.
Klin Wschr 50:944-952

17. Immich H (1974)
Medizinische Statistik.
Schattauer, Stuttgart
18. Islam MS, Ulmer WT (1977)
Der Strömungswiderstand in den Atemwegen
und das Lungenvolumen.
Dtsch Med Wschr 102: 1187-1190
19. Koepchen HP (1972)
Atmungsregulation.
In: Gauer OH, Kramer K, Jung R
Physiologie des Menschen 6.
Urban u. Schwarzenbeck, München, S.163-310
20. Kommission der Europäischen Gemeinschaft (Hrsg)
(1973)
Leitfaden für die Durchführung der Untersuchung
der ventilatorischen Funktion durch die Spiro-
graphie.
Arbeitshygiene Arbeitsmed 11, Luxemburg
21. Korn V (1979)
Die Bestimmung des Atemwiderstandes mit dem
oszillatorischen Meßprinzip.
In: Nolte D, Korn V (Hrsg)
Oszillatorische Messung des Atemwiderstandes.
Dustri, München-Deisenhofen, S.16-34
22. Korn V, Franetzki M, Smidt U (1979)
FRC-Bestimmung durch oszillatorische Dichte-
messung,
Arbeitstagung Arbeitsgemeinschaft Klin Atemphys
(Österreichische Ges Lungenerkrankungen Tuber-
kulose),
Linz (Donau), 19.10.1979
23. Kowalski J, Islam MS (1978)
Klinik und Funktion des Lungenemphysems.
Atemw-Lungenkrkh Jahrg 4 Nr 3: 136-148
24. Kowalski J, Ulmer WT (1977)
Atemwegsobstruktion, Emphysem und Volumen
pulmonum auctum.
Verh Dtsch Ges Inn Med 83:1472 - 1474

25. Laer Av, Schäcke G (1980)
Verhalten von Lungenfunktionsparametern bei
jungen Rauchern.
Verh Dtsch Ges Arbeitsmed 20.Jahrestagung
Innsbruck.
Gentner, Stuttgart, S.383-394
26. Laer Av, Schäcke G, Schilling H (1981)
Vorsorgeuntersuchungen bei Mundglasbläsern
unter besonderer Berücksichtigung der Lungen-
funktion.
Verh Dtsch Ges Arbeitsmed 21.Jahrestagung Berlin.
Gentner, Stuttgart, S.369-375
27. Maloney T (1970)
Das Buch zur Sache Glas. Erforschung und An-
wendung des durchsichtigen Werkstoffs.
Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart
28. Otto H, Zeilhofer R (1969)
Lungenfunktion und Strukturbefund unter be-
sonderer Berücksichtigung der obstruktiven Ven-
tilationsstörung und des Lungenemphysems.
Respiration 26: 262-286
29. Petro W, Gahlen G, Korn V, Smidt U, Nakhoseen JA,
Konietzko N (1980)
Praktikabilität einer schnellen Helium-Misch-
methode zur Bestimmung des Residualvolumens
mittels Dichtemessung.
Prax Pneumol 34: 541-547
30. Petro W, Wiesemann HG, Pironne P, Korn V (1981)
Vergleich verschiedener Verfahren zur Residual-
volumenbestimmung im Kindesalter.
Prax Pneumol 35: 144-148
31. Prestele K (1979)
Modelle zur Deutung des komplexen Atemwider-
standes.
In: Nolte D, Korn V (Hrsg.)
Oszillatorische Messung des Atemwiderstandes.
Dustri, München-Deisenhofen, S. 35-48
32. Prokop L (1979)
Einführung in die Sportsmedizin.
Fischer, Stuttgart

33. Reichel G (1979)
Zit.n.Nolte D, Korn V (Hrsg)
Oszillatorische Messung des Atemwiderstandes.
Dustri, München-Deisenhofen, S. 67
34. Reichel G, Dannenberg G, Redecker R (1968)
Bestimmung der funktionellen Residualkapazität
mit der Ganzkörperplethysmographie und der
Fremdgasmethode.
Ein methodischer Vergleich.
Arch Klin Med 215: 28-39
35. Reichel G, Hölting G, Temme U, Ulrich D (1978)
Funktionelle Diagnostik von obstruktiven Atem-
wegserkrankungen mit Hilfe der oszillatorischen
Atemwiderstandsmessung in der arbeitsmedizinischen
und pneumologischen Praxis.
Prax Pneumol 32: 388-397
36. Rein H, Brinkmann O (1959)
Bekommen Hohlglasbläser ein Lungenemphysem?
Gedanken und Belege von früher und heute über
die Ursachen der berufsbedingten Lungenblähung.
Die Berufskrankheiten in der keramischen und
Glasindustrie 6
37. Sachs L (1978)
Angewandte Statistik.
Springer, Berlin
38. Schäcke G, Laer Av (1980)
Normalverhalten der Resistance-Volumenkurve unter
Anwendung der Oszillationsmethode bei jungen Er-
wachsenen.
Verh Dtsch Ges Arbeitsmed 20.Jahrestagung Inns-
bruck.
Gentner, Stuttgart, S.343-350
39. Schäcke G, Laer Av, Schilling H (1980)
Investigations on pulmonary function of glass-
blowers.
2.International Meeting on Occupational Health,
Lissabon, 26.-30.Oktober 1980

40. Schmidt W (1977)
Methoden zur Messung der Atemmechanik.
In: Ferlinz R (Hrsg)
Lungenfunktionsdiagnostik.
Dustri, München-Deisenhofen, S.39-58
41. Schneider H (1958)
Untersuchungen zur Frage des berufsbedingten
Emphysems und der berufsbedingten Emphysem-
bronchitis der Glasbläser.
Die Berufskrankheiten in der keramischen und
Glasindustrie 2
42. Schulz V (1977)
Pathophysiologische Grundlagen der Lungenfunktion.
In: Ferlinz R (Hrsg)
Lungenfunktionsdiagnostik.
Dustrie, München-Deisenhofen, S.1-37
43. Smidt U (1979)
Zit.n.Nolte D, Korn V (Hrsg)
Oszillatorische Messung des Atemwiderstandes.
Dustri, München-Deisenhofen, S.76
44. Smidt U (1975)
Lungenfunktionsprüfungen in der Epidemiologie.
Prax Pneumol 29: 95-100
45. Smidt U, Nerger K (1976)
Sollwerte - Normalwerte - Referenzwerte.
Atemw-Lungenkrkh Jahrg 2 Nr.4: 174-191
46. Thews G (1980)
Lungenatmung.
In: Schmidt RF, Thews G (Hrsg)
Physiologie des Menschen.
Springer, Berlin, S.500-536
47. Thurlbeck WM (1976)
Chronic airflow-obstruction in lung disease.
Saunders, Philadelphia
48. Trauth HA, Sarge M, Holle R (1981)
Volumenbezogene Messung der oszillatorischen
Resistance. Aussagefähigkeit und diagnostischer
Wert in der Diagnostik obstruktiver und nicht-
obstruktiver Atemwegserkrankungen.
Atemw-Lungenkrkh Jahrg 7 Nr.4: 191-194

49. Ulmer WT, Kowalski J, Zimmermann I (1977)
Klinische und funktionsanalytische Untersuchungen
zur Frage verschiedener Formen obstruktiver Atem-
wegserkrankungen.
Inn Med 4: 186-204
50. Ulmer WT, Reichel G, Nolte D (1976)
Die Lungenfunktion.
Thieme, Stuttgart
51. Valentin H (1972)
Zur Bedeutung chronisch-inhalativer Noxen am
Arbeitsplatz für chronische Bronchitis und
Lungenemphysem.
Arbeitsmed Sozialmed Arbeitshyg 11: 322-323
52. Wagner F (1975)
Das Lungenemphysem bei Mundglasbläsern.
Arbeitsmedizin-Information 2: 28-32
53. Weiß G (1966)
Ullstein Gläserbuch. Eine Kultur- und Technik-
geschichte des Glases.
Ullstein, Berlin

Herrn Prof.Dr.med.G. S c h ä c k e danke ich
für die Überlassung des Themas und für die
Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Frau G. J a r u s c h e w s k i danke ich für
die Assistenz bei der Durchführung der Lungen-
funktionsprüfungen.

9.0 L e b e n s l a u f

Name: Holger Schilling

geboren: am 17.05.1955 in Berlin

Eltern: Gerhard Schilling und
 Ingrid Schilling, geb.Joel

Familienstand: ledig.

Schulbildung: 1962-1966 Hansa-Grundschule Berlin
 1966-1968 Goerdeler-Grundschule Berlin
 1968-1974 Schiller-Oberschule Berlin
 mit Abschluß Abitur

Studium: 1975-1981 Humanmedizin an der Freien Uni-
 versität Berlin
 1981 Approbation als Arzt

Beruf: seit 01.04.1982: Arzt am Dialyse-Zentrum
 Berlin-Charlottenburg des Kura-
 toriums für Heimdialyse e.V.

Holger Schilling

Berlin, im Januar 1983

